

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-070125

(43)Date of publication of application : 20.04.1985

(51)Int.Cl.

C21D 9/28  
// C22C 38/52  
F01D 5/02

(21)Application number : 58-176993

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 27.09.1983

(72)Inventor : EBISUTANI TAKASHI  
KAWAGUCHI KANJI  
KAWAI MITSUO  
WATANABE OSAMU

## (54) MANUFACTURE OF TURBINE ROTOR

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve the mechanical strength, ductility and toughness by forming a steel contg. prescribed percentages of C, Si, Mn, Ni, Co, Cr, Mo and V into a rough body for a turbine rotor, quenching the rough body, and tempering it at a prescribed temp.

**CONSTITUTION:** A steel contg., by weight, 0.15W0.3% C,  $\leq 0.5\%$  Si,  $\leq 1\%$  Mn, 0.1W1.5% Ni and/or Co, 0.5W3% Cr, 0.3W1.5% Mo and 0.1W0.3% V is manufactured by an electro-slag remelting method. An ingot of the steel is formed into a rough body for a turbine rotor by forging. The rough body is heated at 950W 1,070° C, quenched, and tempered at 600W750° C. By this method the mechanical strength, ductility and toughness at high temp. as well as room temp. are improved.

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

昭60-70125

⑫ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和60年(1985)4月20日

C 21 D 9/28  
 // C 22 C 38/52  
 F 01 D 5/02

7047-4K

7147-4K

7910-3G

審査請求 未請求 発明の数 3 (全6頁)

⑭ 発明の名称 タービンロータの製造方法

⑮ 特 願 昭58-176993

⑯ 出 願 昭58(1983)9月27日

⑰ 発 明 者 戎 谷 隆 川崎市幸区小向東芝町1番地 東京芝浦電気株式会社総合  
 研究所内  
 ⑰ 発 明 者 川 口 寛 二 川崎市幸区小向東芝町1番地 東京芝浦電気株式会社総合  
 研究所内  
 ⑰ 発 明 者 河 合 光 雄 川崎市幸区小向東芝町1番地 東京芝浦電気株式会社総合  
 研究所内  
 ⑰ 発 明 者 渡 辺 修 横浜市鶴見区末広町2丁目4 東京芝浦電気株式会社京浜  
 事業所内  
 ⑰ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 川崎市幸区堀川町72番地  
 ⑰ 代 理 人 弁 理 士 津 国 隆

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

タービンロータの製造方法

## 2. 特許請求の範囲

1. 炭素0.15～0.30重量％、ケイ素0.5重量％以下、マンガン1.0重量％以下、ニッケル若しくはコバルトのいずれか又は両方が0.1～1.5重量％、クロム0.5～3.0重量％、モリブデン0.3～1.5重量％、バナジウム0.1～0.30重量％、残部が鉄及び不可避免的不純物、

から成る組成を有し、かつエレクトロスラグ再溶解法で調製された鋼塊を、鍛造・成形してタービンロータ素体とし、該素体を950～1070℃で加熱したのち焼入れし、ついで600～750℃で焼戻しすることを特徴とするタービンロータの製造方法。

2. 炭素0.15～0.30重量％、ケイ素0.5重量％以下、マンガン1.0重量％以下、ニッケル若しくはコバルトのいずれか又は両方が0.1

～1.5重量％、クロム0.5～3.0重量％、モリブデン0.3～1.5重量％、バナジウム0.1～0.30重量％、ニオブ若しくはタンタルのいずれか又は両方が0.01～0.30重量％、残部が鉄及び不可避免的不純物

から成る組成を有し、かつエレクトロスラグ再溶解法で調製された鋼塊を、鍛造・成形してタービンロータ素体とし、該素体を950～1070℃で加熱したのち焼入れし、ついで600～750℃で焼戻しすることを特徴とするタービンロータの製造方法。

3. 炭素0.15～0.30重量％、ケイ素0.5重量％以下、マンガン1.0重量％以下、ニッケル若しくはコバルトのいずれか又は両方が0.1～1.5重量％、クロム0.5～3.0重量％、モリブデン0.3～1.5重量％、バナジウム0.1～0.30重量％、ニオブ若しくはタンタルのいずれか又は両方が0.01～0.30重量％、タンタム0.5～2.0重量％又はホウ素0.002～0.015重量％、残部が鉄及び不可避免的不純物

から成る組成を有し、かつエレクトロスラグ再溶解法で調製された鋼塊を、鍛造・成形してタービンロータ素体とし、該素体を950～1070℃で加熱したのち焼入れし、ついで600～750℃で焼戻しすることを特徴とするタービンロータの製造方法。

### 3 発明の詳細な説明

#### 〔発明の技術分野〕

本発明はタービンロータの製造方法に関し、更に詳しくは、高温でのクリープ強度及びクリープ破断強度に優れ、経年曲がりを起すことがないとともに、脆性破壊に対する安全性、信頼性も高いタービンロータの製造方法に関する。

#### 〔発明の技術的背景とその問題点〕

現在、タービンロータ用の材料としては、真空中でカーボン脱炭したクロム-モリブデン-バナジウム鋼(CrMoV鋼)が使用されている。この材料で製造されたタービンロータは、高圧又は中圧下での運転中に高温に曝され、特に初段付近が566℃もの高温になることから、該ロータに経

(3)

あり、通常採用されているのは950～970℃程度の温度である。

#### 〔発明の目的〕

本発明は、上記した点を考慮してなされたもので、高温クリープ強度が高く、経年曲がりが抑制されると同時に、延性、靱性にも優れていて脆性破壊に対する安全性、信頼性の高いタービンロータの製造方法の提供を目的とする。

#### 〔発明の概要〕

本発明方法は、炭素(C) 0.15～0.30重量％、ケイ素(Si) 0.5重量％以下、マンガン(Mn) 1.0重量％以下、ニッケル(Ni) 若しくはコバルト(Co) のいずれか又は両方が0.1～1.5重量％、クロム(Cr) 0.5～3.0重量％、モリブデン(Mo) 0.3～1.5重量％、バナジウム(V) 0.1～0.30重量％、残部が鉄(Fe) 及び不可避免的不純物から成る組成を有し、かつエレクトロスラグ再溶解法で調製された鋼塊を、鍛造・成形してタービンロータ素体とし、該素体を950～1070℃で加熱したのち焼入れし、ついで600～750℃で焼

(5)

戻しすることを特徴とする。

この経年曲がりはCrMoV鋼の高温でのクリープ強度不足に基づくものである。したがって、ロータの経年曲がりの発生を防止するためには、CrMoV鋼の高温でのクリープ強度を向上させることが必要である。

CrMoV鋼の高温クリープ強度を向上させる方法の1つとして、この鋼材を焼入れするときの温度を高める方法がある。この場合、従来のロータ用CrMoV鋼材は、所定組成の鋼材を高周波炉又はアーク炉で溶解したのちこの溶湯を所定の鋼型に流し込んでそのまま凝固せしめて製造されている。しかしながら、このような従来の方法で製造したCrMoV鋼の場合には、焼入れ温度を高めると、たしかにクリープ強度は向上するものの、その反面では延性、靱性が低下すると同時に切欠弱化が発生し易くなる。

そのため、従来の焼入れ温度は、ロータの脆性破壊に対する安全性、信頼性の観点から、クリープ強度、延性、靱性をバランスさせるような温度で

(4)

戻しすることを特徴とする。

本発明方法を適用するCrMoV鋼の鋼塊は、上記した組成を基本組成とするが、他の鋼塊として、ここに更にニオブ(Nb) 若しくはタンタル(Ta) のいずれか又は両方が0.01～0.30重量％含有されているもの；また更に、Nb 若しくはTa のいずれか又は両方が0.01～0.30重量％、 tungsten (W) 0.5～2.0重量％又はホウ素(B) 0.002～0.015重量％含有されているもの；であつてもよい。そして、この鋼塊はエレクトロスラグ再溶解処理を施して得られた鋼塊であることが必要である。

上記した鋼塊の組成において、Cは引張強さやクリープ強度を確保するために必要な元素で、0.15重量％未満では所望する特性が得られず、また0.30重量％を超えると靱性の低下を招くので、その含有量は0.15～0.30重量％とする。好ましくは0.18～0.28重量％である。

Siは脱酸剤として添加する元素であるが、過剰の添加は靱性の低下を招くので含有量の上限を0.5

(6)

重量多とする。好ましくは0.02～0.2重量多である。

MnはSiと同様に脱酸剤として機能する元素であるが、過剰の添加はクリープ強度の低下を招くので含有量の上限を1.0重量多とする。好ましくは0.3～0.8重量多である。

Ni, Coはいずれも鋼液中のデルタフェライトの生成を抑制して均一組織のパーナイト若しくはマルテンサイトの生成に寄与する成分であるが、それぞれの成分又は両者全体の含有量が0.1重量多未満ではその効果は充分に発揮されず、また1.5重量多を超えるとクリープ強度の低下を招くので含有量を0.1～1.5重量多とする。好ましくは0.5～1.3重量多である。

Crは鋼液の納入時に入浴性を向上させるとともに引張強度を高めるのに必要な元素であり、含有量が0.5重量多未満ではその効果が充分発揮されず、また3.0重量多を超えると高温クリープ強度の低下を招くので、含有量を0.5～3.0重量多とする。好ましくは、0.8～2.0重量多である。

(7)

中心部には粗大な炭(窒)化物が生成して延性、靱性の低下を招くので、含有量を0.01～0.3重量多とする。好ましくは0.02～0.18重量多である。

また、Wはクリープ破断強度を更に向上させる元素であり、少なくとも0.5重量多が必要であるが、しかし2.0重量多を超えて添加すると鋼液中にフェライト相を生成してクリープ破断強度の低下を招くので、その含有量を0.5～2.0重量多とする。好ましくは0.5～1.5重量多である。

Bはクリープ破断強度の更なる向上に資する元素であるが、その含有量が0.002重量多未満では効果が充分でなく、また0.018重量多を超えると鋼液の鍛造工程で鍛造性が著しく損われるので、その含有量を0.002～0.018重量多とする。好ましくは0.003～0.012重量多である。

なお、上記元素の外に、更に窒素(N)を含有せしめると、Nは鋼液中でフェライト相の生成を抑制しかつ微細に析出・分散する炭窒化物を生成してクリープ破断強度を向上せしめるので有用であ

(9)

Moはクリープ破断強度を高め脆性を防止するために必要な元素で、0.3重量多未満ではその効果が充分ではなく、また1.5重量多を超えると鋼液中にフェライト相が生成してクリープ破断強度、靱性の低下を招くので、含有量を0.3～1.5重量多とする。好ましくは0.6～1.4重量多である。

Vはクリープ破断強度の向上に必要な元素であり、0.1重量多未満の場合にはその効果が充分ではなく、また0.3重量多を超えるとMoの場合と同様にフェライト相が生成するので、含有量を0.1～0.3重量多とする。好ましくは0.15～0.28重量多である。

Nb, Taはいずれも、鋼液の中に微細な炭窒化物を析出、分散せしめて鋼液のクリープ破断強度を高める作用を果す元素であるが、しかし、それぞれ単独又は両者を合せた含有量が0.01重量多未満の場合には上記した効果は充分に発揮されず、また0.3重量多を超えると、後述するエレクトロスラグ再溶解処理を行なつても、得られた鋼液の

(8)

る。このとき、Nの含有量が0.02重量多の場合には上記効果が充分発揮されず、また0.1重量多を超えると鋼液中にピンホール、ブローホールを発生するようになるので、含有量を0.02～0.1重量多とする。好ましくは0.03～0.08重量多とする。

このような組成の鋼液は、常法の金属溶解法で容易に調製することができる。

本発明にかかる鋼液は、常法によつて調製した上記組成の鋼材についてエレクトロスラグ再溶解して調製することを必要とする。エレクトロスラグ再溶解処理を施さないときには、得られた鋼液は靱性が小さくなり、脆性破断に対する安全性、信頼性の高いロータ材料とすることはできない。また、クリープ破断強度を高めるために焼入温度を高めると、溶湯を単に鋼型中で凝固せしめた従来の鋼材の場合には室温での衝撃靱性や衝撃延性が大いに低下してしまふにもかかわらず、エレクトロスラグ再溶解を施した鋼液ではそのようなことがなく衝撃靱性、クリープ破断延性の低下が小

さくなるのでこのエレクトロスラグ再溶解処理は必要である。

本発明方法にあつては、このようにして調製された鋼塊に所定の鍛造・成形処理を施してタービンロータの素体とする。鍛造・成形は常法が適用される。

得られた素体を、つぎに、 $950 \sim 1070^{\circ}\text{C}$ の温度に加熱したのち焼入れする。

温度が $950^{\circ}\text{C}$ よりも低い場合には、鋼塊中の炭(鐵)化合物を固形させて均質組織と所望の機械強度を付与することが充分行なえず、また $1070^{\circ}\text{C}$ よりも高いときには、鋼塊中の結晶粒が粗大化

して全体として靱性の低下を招く。好ましくは $980 \sim 1050^{\circ}\text{C}$ である。とくに、Nb, Taを

含有する鋼塊については、そのクリーブ破断強度を向上させるために上記温度で加熱したのち焼入れしてNb, Taの炭(鐵)化合物を多量に固溶・再析出させることがよい。

また、加熱時間は格別限定されないが、通常5～30時間程度でよい。焼入れ方法としては、水、

フアシ・クールなどでよい。

焼入れ後、素体に $600 \sim 750^{\circ}\text{C}$ で焼戻し処理を施して本発明にかかる材料が得られる。

焼戻し温度が $600^{\circ}\text{C}$ 未満の場合には、十分な焼戻しが行なわれないので所望の靱性が得られず、また $750^{\circ}\text{C}$ を超えると所望の引張強さ、耐力が得られない。好ましくは $630 \sim 730^{\circ}\text{C}$ である。焼戻しの時間は格別限定されず、通常10～70時間程度でよい。

このようにして得られたCrMoV鋼に所定の機械加工を施して所望形状のタービンロータを製造することができる。

#### (発明の実施例)

##### 実施例1～15

第1表に示した組成の鋼材をアーク炉で溶解し、その溶湯をエレクトロスラグ再溶解の消耗電極用モールドに鋳込んでインゴットとし、このインゴットを消耗電極としてエレクトロスラグ再溶解処理を行ない、得られた鋼塊を鍛造してタービンロータ素体を製造した。ついで、素体に第1表に示

01

02

した条件の焼入れ、焼戻し処理を施したのち、機械加工を施してタービンロータモデルとした。

これらモデルからそれぞれ試片を切出し、各試片につき、引張試験、衝撃試験、クリーブ破断試験を行なつた。得られた結果を一括して表に示した。



## 〔 発 明 の 効 果 〕

既に示した結果からも明らかなように、本発明方法で製造したCrMoV鋼は、比較例の材料に比べて引張強さが優れるとともに伸び、絞りも大きく、また衝撃靱性が著しく大である。また、クリープ破断強さも、従来のロータ材である比較例1に比べるとクリープ破断伸び、絞りは同等以上であり、クリープ破断強さも大きい。

したがって、本発明方法は、室温及び高温での機械的強度に優れるとともに延性、靱性も向上したCrMoV鋼を提供することができ、タービンロータ材の製造方法としてその工業的価値は大である。